

PRÁCTICA Nº 6

Hipermetropía, parte 2: neutralización óptica de un ojo hipermetrope

OBJETIVO:

Usando un modelo de ojo reducido sobre banco óptico, y con varias opciones de compensación o neutralización óptica, determinar la zona de visión nítida en un caso concreto de acomodación para dos casos extremos de hipermetropía: puramente refractiva, y, puramente axial.

MATERIAL NECESARIO:

- Banco óptico con soportes;
- Fuente luminosa;
- Objeto;
- Pantalla;
- Cinta métrica;
- Lentes de caja de prueba de +7, +5, +4, +2 y +1.5 dioptrías;
- Sistema de colimación formado por una lente de $f' = 25$ cm.

FUNDAMENTO TEÓRICO:

La hipermetropía es una ametropía esférica que se caracteriza porque el foco imagen total (F_{oc}') del ojo queda por detrás de la retina, con lo que el valor de la refracción es positivo, es decir, que $R > 0$. Esto implica que el punto remoto del hipermetrope es virtual y está situado por detrás del ojo (Figura 1).

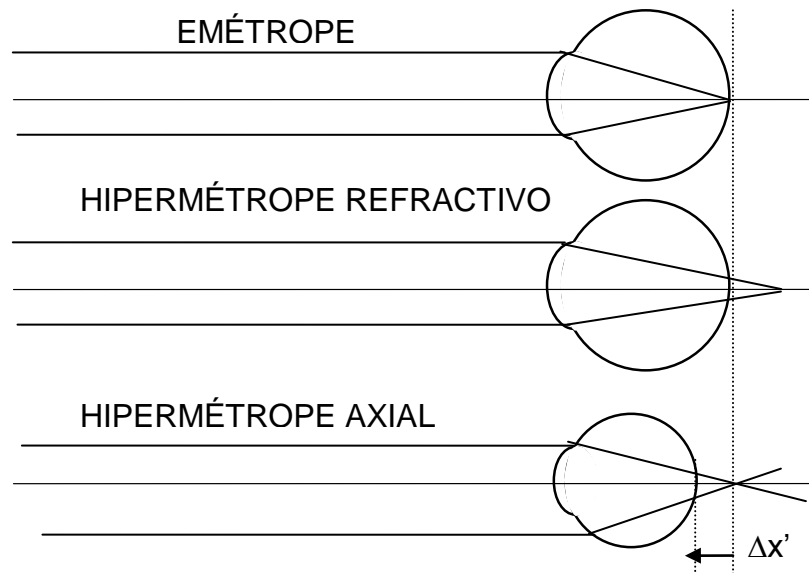


Figura 1: Esquemas de los tipos básicos de hipermetropía: puramente refractiva, y, puramente axial.

La amplitud de acomodación de un hipermetrope y un emétrope de la misma edad no tienen porqué ser distintas, puesto que la propiedad de acomodar está relacionada con la capacidad fisiológica del cristalino para variar su potencia, y esto es independiente de la ametropía. Sin embargo, aunque ambos tengan igual amplitud de acomodación (Am), sí que es distinto el recorrido de acomodación, es decir, la zona de visión nítida (ZVN) comprendida entre el punto remoto y el punto próximo. Es decir, si la posición objeto $x \in [pr, pp] \Rightarrow \exists A \in [0, Am]$, el objeto se verá nítido. Para el cálculo de pr y pp , utilizaremos la ecuación:

Así, para el ojo emétrope, tenemos que:

- Para el ojo emétrope: $Am = R - P$
 $R = 0$ $pr = \infty$ (infinito)

$$PP = -Am \quad pp = -\frac{1}{Am} \quad (1)$$

Recorrido de acomodación (ZVN emétrope): desde el infinito hasta el pp.

Mientras que, para el ojo hipermetrope, sea de origen puramente refractivo o axial (ver guión nº 3 de prácticas), o mixto, tenemos que:

- Para el ojo hipermetrope: $Am = R - PP$

$$R > 0 \quad pr = \frac{1}{R}$$

$$PP = R - Am \quad pp = \frac{1}{R - Am} \quad (2)$$

Recorrido de acomodación (ZVN hipermetrope): desde el pr (virtual, detrás del ojo) y el desde pp (real, por delante del ojo) hasta $-\infty$.

En ambos casos, tanto para el punto remoto (pr) como para el punto próximo (pp), se cumplirán las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} X'_{\text{Ret}} &= R + P_o \\ X'_{\text{Ret}} &= PP + P_o^* \quad , \quad \text{siendo} \quad P_o^* = P_o + Am \end{aligned} \quad (3)$$

Para neutralizar la hipermetropía se utilizan lentes de potencia positiva, que forman una imagen del objeto situado en el infinito sobre el remoto del ojo. Para que ello sea así debe verificarse que el foco imagen de la lente neutralizadora coincide con el punto remoto del ojo. Este es el principio de neutralización de las ametropías (ver Figura 2).

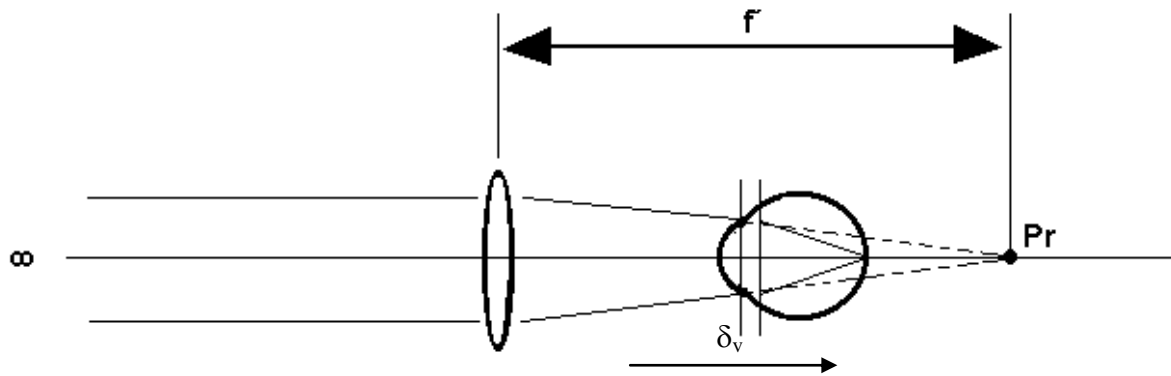


Figura 2: Esquema básico de la neutralización o compensación óptica de la hipermetropía.

La potencia de la lente neutralizadora se obtiene a partir de la expresión:

$$P_{LN} = \frac{R}{1 + \delta_v R} \quad (4)$$

donde P_{LN} es la potencia de vértice posterior de la lente neutralizadora, R es la refracción y δ_v es la distancia de vértice.

Por lo que la posición del punto remoto neutralizado (pr_L) y el punto próximo neutralizado (pp_L) se podrán determinar a partir de las siguientes ecuaciones:

$$R^G = R_L^G + P_{LN} \quad (5)$$

$$PP^G = PP_L^G + P_{LN} \quad (6)$$

donde los orígenes se toman desde la montura (gafa) para poder aplicar las ecuaciones.

Se cumple por tanto que $R_L^G = 0$ ($pr_L^G = \infty$), puesto que es la condición que hemos impuesto para realizar la neutralización óptica.

REALIZACIÓN PRÁCTICA:

Recordando anteriormente el objetivo de esta sesión práctica, y lo realizado previamente en la parte 1 (guión nº 5 de prácticas), vamos a continuación a familiarizarnos con la construcción de un modelo de ojo reducido en banco óptico, y tras conferirle propiedades de ojo hipermetrope, ya sea puramente refractivo o axial, con una amplitud de acomodación determinada, estudiaremos varias opciones de lentes neutralizadoras de ambos tipos de hipermetropía, y, a continuación, determinaremos las zonas de visión nítida para cada caso de hipermetropía aplicando los 2 casos de neutralización óptica.

Fase 1: Montaje del ojo emétrope sobre banco óptico

El modelo de ojo patrón que construiremos para esta experiencia está formado por una lente convergente, que simula el efecto de córnea y cristalino (ojo reducido), y una pantalla que sustituye a la retina (Figura 3).

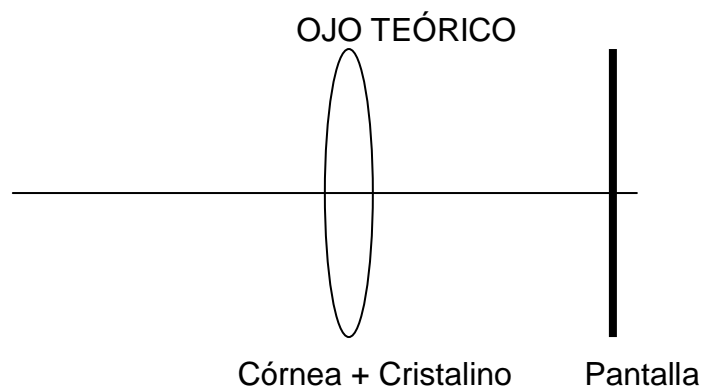


Figura 3: Esquema del ojo reducido esquemático.

En primer lugar, construiremos un ojo emétrope con la lente de + 7 D. Esta lente simulará el efecto de la córnea y el cristalino no acomodado. Una vez calculada la longitud axial de este ojo, la pantalla que representa a la retina debe situarse en la posición correspondiente. En este caso no es conveniente que la pantalla esté pegada al extremo del banco óptico, sino que quede un intervalo de recorrido que se utilizará en apartados posteriores.

Para obtener la medida del punto remoto de este ojo consideramos que un ojo enfoca nítidamente sobre la retina los objetos situados en su punto remoto. Para

poder determinar seguidamente el pp, debemos simular que el ojo está acomodando al máximo colocando la lente de +4 D (que representa la amplitud de acomodación) junto a la de +7 D. Por tanto tendremos un ojo emétrope que acomoda 4 D. La medida de su pp la obtendremos desplazando el objeto acercándolo al ojo hasta que se vea su imagen nítida sobre la pantalla.

NOTA: Realizaremos dos medidas en el siguiente orden: 1- acercando el objeto al ojo hasta la primera posición en que nos parece enfocado sobre la pantalla y 2- pegamos el objeto al ojo y ahora alejamos hasta la primera posición en que nos parece enfocado. El punto medio corresponde a la media de estas dos medidas.

TAREAS A REALIZAR Y ENTREGAR (ver hoja de resultados al final):

- Valores experimentales de pr y pp;
- Esquema de la zona de visión nítida experimental (ZVN) de este ojo esquemático, que viene dada por el intervalo [pr , pp].
- Comprobación de los valores teóricos de pr y pp con la ecuación 3.
- Compara la ZVN teórica con la ZVN experimental.

Fase 2: Montaje del ojo hipermétrope refractivo y su neutralización óptica

Sustituiremos la lente de + 7 D por la de + 5 D, y apreciaremos cómo la imagen del objeto que está en el infinito se ha vuelto borrosa. En estas circunstancias, habremos construido un ojo con hipermetropía refractiva (ojo con la misma longitud axial que el emétrope, pero con distinta potencia: $R = P_o - P_{oc}$). Con una hoja de papel se puede comprobar que ahora la imagen del objeto situado en el infinito se forma por detrás de la posición anterior (detrás de la retina), lo que corrobora el hecho de que un ojo hipermétrope focaliza los rayos procedentes del infinito por detrás de la retina.

En este caso, comenzaremos el proceso buscando el punto próximo sin neutralizar (pp), por lo que añadiremos la lente correspondiente a la amplitud de acomodación (+ 4 D), y continuaremos acercando el objeto hasta que obtengamos una imagen nítida.

El punto remoto del ojo hipermetrope sin neutralizar (pr), no se puede encontrar fácilmente, puesto que es virtual. Para poder obtener el punto remoto virtual sin neutralizar, vamos primero a neutralizar la hipermetropía. Por el principio de neutralización, el plano focal imagen de la lente neutralizadora debe coincidir con el punto remoto del ojo. De este modo, el proceso que seguiremos es el siguiente:

- Neutralizaremos la ametropía situando delante del ojo la lente de $+2\text{ D}$ o la de $+1.5\text{ D}$ siendo necesario para ello hallar la distancia de vértice correcta a la que se debe colocar la lente neutralizadora que se producirá cuando la imagen observada en la pantalla teniendo el objeto en el infinito se observe nítida.
- Una vez hallada la distancia de vértice, eliminaremos la lente que simula el ojo y buscaremos el punto en que obtengamos una imagen nítida desplazando la pantalla. Ese será el foco de la lente neutralizadora y, según el principio de neutralización de las ametropías, deberá coincidir con el punto remoto del ojo (ver Figura 4).
-

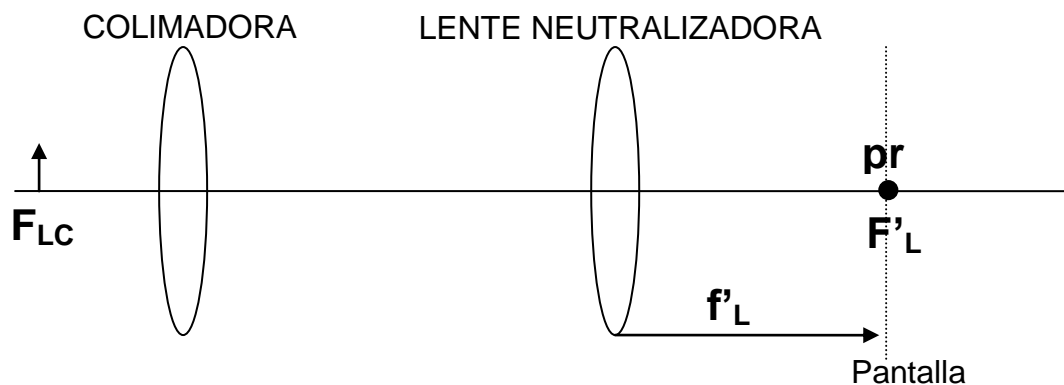


Figura 4: Determinación del punto remoto del ojo esquemático hipermetrope refractivo.

Debe quedar claro que con este método se calcula el punto remoto sin neutralizar.

Seguidamente, neutralizaremos la hipermetropía con lentes de $+2\text{ D}$ y de $+1.5\text{ D}$. Para ello, con la lente del ojo hipermetrope ($+5\text{ D}$) volveremos a colocar el objeto en el infinito, y desplazaremos la lente neutralizadora ante el ojo hasta que la imagen sobre la pantalla (retina) sea nítida. Así, conoceremos la distancia de vértice (δ_v) a la

que se han de colocar dichas lentes, teniendo en cuenta que una de las dos lentes neutralizadoras va a actuar como lente de contacto y que para la realización de la práctica se deberá colocar en el mismo soporte que la lente que actúa como ojo.

A partir de aquí, con cada una de las opciones de lente neutralizadora, y el valor típico de acomodación que simulamos, se procede a determinar la zona de visión nítida del ojo hipermetrope esquemático neutralizado. Por tanto, se debe obtener los parámetros siguientes:

- El valor del pr_L (punto remoto neutralizado).
- El valor experimental de δ_v para cada una de las lentes neutralizadoras.
- El valor teórico de δ_v a partir de la ecuación 6.
- El punto próximo experimental del ojo neutralizado, con ambas lentes neutralizadoras, simulando la acomodación con la lente de + 4 D, e indicando su valor tanto desde el vértice corneal (pp_L) como desde la gafa (pp_L^G)
- Compara los valores obtenidos con los valores teóricos a partir de las ecuaciones 5 y 6.

TAREAS A REALIZAR Y ENTREGAR (ver hoja de resultados al final):

- ¿Cuál es el valor de R?
- Dibuja el montaje que vas a utilizar para la obtención del pp_L (punto próximo neutralizado) con cada una de las lentes neutralizadoras.
- Determina el valor experimental para el hipermetrope refractivo neutralizado de pr_L y pp_L . Compara con los datos obtenidos en la sesión nº 35 con este mismo hipermetrope no neutralizado.
- Determina el valor teórico de pr_L y pp_L para el hipermetrope refractivo neutralizado.
- Representa la ZVN_{LN} (Zona de Visión Nítida Neutralizada) para ambos valores de neutralización P_{LN} junto a la ZVN_{SN} (Zona de Visión Nítida Sin Neutralizar), ya obtenida en la sesión práctica nº 5.

Fase 3: Montaje del ojo hipermétrope axial y su neutralización óptica

Para diseñar un ojo hipermétrope axial, es decir, con la misma potencia que el emétrope pero distinta longitud, colocaremos el objeto en el punto próximo obtenido en la hipermetropía refractiva sin neutralizar, sustituiremos la lente de +5 D por la de +7 D y desplazaremos la pantalla hasta obtener una imagen nítida. De esta forma tendremos una hipermetropía axial del mismo valor dióptrico que la refractiva anterior.

TAREAS A REALIZAR Y ENTREGAR (ver hoja de resultados al final):

- Determina el valor experimental de la variación de la longitud axial ($\Delta x'$).
- ¿Cuál es el valor de R?
- Dibuja el montaje que vas a utilizar para la obtención del pp_L (punto próximo neutralizado) con cada una de las lentes neutralizadoras.

DEBATE

- 1) ¿Qué aspectos te han parecido más complicados a la hora de montar el ojo hipermétrope esquemático neutralizado? ¿Se neutraliza ópticamente igual un hipermétrope puramente refractivo que un hipermétrope puramente axial?
- 2) ¿Qué sucede con el intervalo de visión nítida a medida que aumenta la hipermetropía y se compensa adecuadamente con una lente de contacto? Predice y representa gráficamente varios casos de ZVN de un hipermétrope neutralizado combinando $R = +1$ D y +5 D, con $A_m = 10$ (joven), 4 D (adulto) y 1.5 D (viejo).
- 3) Con un ojo hipermétrope esquemático, compuesto por una lente $P_{oc} = 6$ D y una longitud ocular $l_{ax} = 12$ cm, ¿podemos compensarlo con cualquiera de las 2 lentes neutralizadoras usadas en esta sesión? ¿Cómo? ¿Por qué?

HOJA DE RESULTADOS A ENTREGAR

NOMBRES:.....

.....

.....

GRUPO:

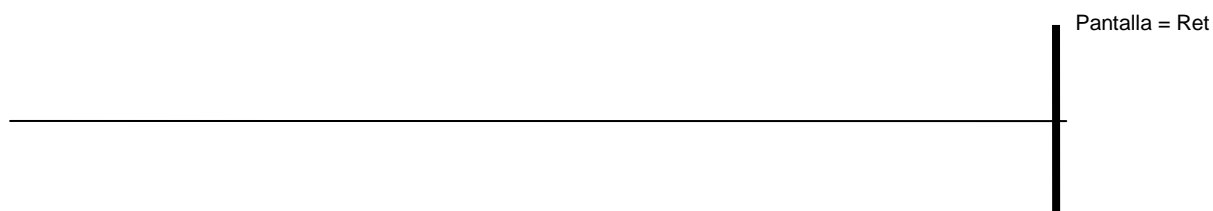
DIA:

HORA:

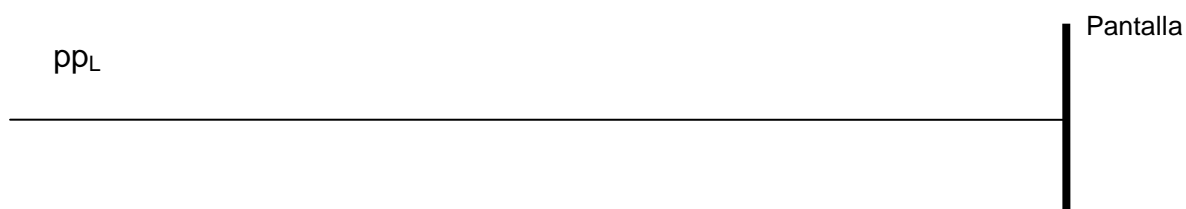
REPRESENTA SIEMPRE LOS DATOS EXPERIMENTALES.

Fase 1: montaje del ojo emétrope sobre banco óptico

| | pp (cm) | pr (cm) |
|--------------|---------|---------|
| Experimental | | |
| Teórico | | |

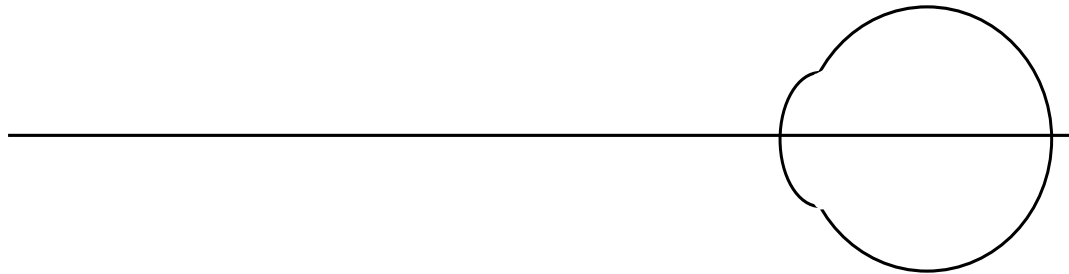
Fase 2: montaje del ojo hipermetrope refractivo ($R = +2$ D) y su neutralización óptica

Esquemas de los montajes de neutralización óptica correspondientes a la obtención del pp_L para la lente de $P_{LN} = +2$ D y $P_{LN} = +1.5$ D.

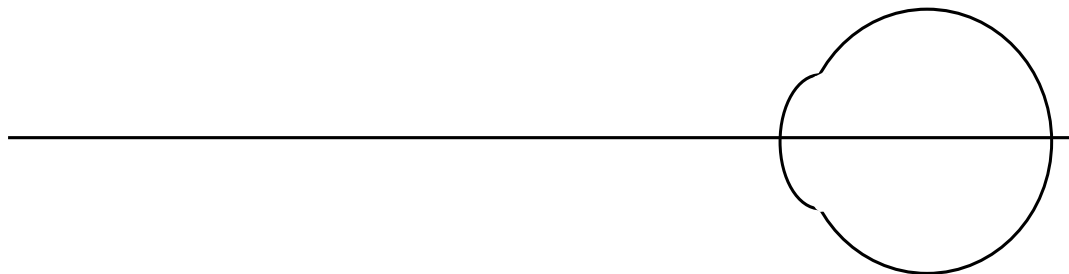


Zonas de visión nítida con $P_{LN} = +2$ D

| | pp | pr | pp _L | pr _L | pp _L ^G | pr _L ^G | δ_v |
|--------------|----|----|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| Experimental | | | | | | | |
| Teórico | | | | | | | |

Zonas de visión nítida con $P_{LN} = +1.5$ D

| | pp | pr | pp _L | pr _L | pp _L ^G | pr _L ^G | δ_v |
|--------------|----|----|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| Experimental | | | | | | | |
| Teórico | | | | | | | |



Fase 3: montaje del ojo miope axial ($R = +2$ D, $\Delta x' =$) y su neutralización óptica.

Esquema del montaje de neutralización óptica correspondiente a la obtención del pp_L para la lente de $P_{LN} = +2$ D.

